

УДК 629.735.05(571.1/5)

ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИОНИКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР КРАЙНЕГО СЕВЕРА, СИБИРИ И ЯКУТИИ

В.П. ГОРБУНОВ**Статья представлена доктором технических наук, профессором Кузнецовым С.В.**

В статье рассматриваются проблемы, связанные с адаптацией и спецификой эксплуатации систем авионики самолетов западного производства в условиях низких и экстремально низких температур Крайнего Севера, Сибири и Арктики.

Ключевые слова: авионика, надежность, безопасность полетов, температура наружного воздуха.

Активное освоение российской Арктики и Крайнего Севера ставит перед авиацией новые задачи по обеспечению бесперебойного воздушного сообщения с базами снабжения на материке, где способность безопасной и безотказной работы авиатехники в самых тяжелых условиях Заполярья и Сибири становится наиболее важным условием, предъявляемым к воздушным судам наряду с их экономической эффективностью.

Увеличение интенсивности и расширение географии полетов выявляют нерешенные проблемы адаптации современных цифровых ВС к условиям эксплуатации при экстремально низких температурах до -54°C . Несмотря на более чем 22 летний срок с начала эксплуатации иностранных ВС в российских условиях, расширение диапазона эксплуатационных температур остается актуальной проблемой. На протяжении всего этого периода времени практически каждую зиму авиакомпания сталкиваются с проблемами выполнения даже разворотных рейсов в аэропорты Западной и Восточной Сибири и в особенности Якутии (Якутск, Нерюнгри, Мирный) с обычными для региона температурами до -50°C и ниже.

В период с начала эксплуатации первых ВС иностранного производства в РФ прошло более двадцати лет. За это время поменялось несколько поколений ВС с точки зрения развития элементной базы, применяемой в бортовых комплексах систем авионики. Практически выведены из флотов авиакомпаний самолеты с комбинированным комплексом авионики, состоящим из отдельных систем управления с блоками контроля и управления, выполненных с использованием элементной базы и процессорами ранних разработок в комбинации с аналоговыми элементами. Это прежде всего Boeing 737-200, 747-200/300 и Airbus A300B2, B4. Значительно сократились ВС со смешанной элементной базой, включающей в себя как аналоговые, так и цифровые системы типов A310/A300-600 и Boeing 737/757/767.

В настоящее время компании активно наращивают свои парки полностью цифровыми ВС, такими как семейство A320 (A319, A320, A321) и A330, где реализована полностью цифровая система управления так называемая Fly-by-Wire. Аналогичная концепция успешно реализована и на новейшем российском SSJ 100 и также будет в основе создаваемого MC-21. Значительно вырос флот цифровых ВС типа Boeing 777-200/300 и Boeing 747-8.

При всем качественном обновлении флотов авиакомпаний все же вынуждены избегать длительного нахождения и тем более ночных стоянок новейших ВС, оснащенных современными цифровыми комплексами и оборудованием в аэропортах Западной и Восточной Сибири, Якутии, руководствуясь прежде всего ограничениями диапазона эксплуатационных температур, оговоренными для A320 и Boeing 737NG в Руководстве по летной эксплуатации (Aircraft Flight Manual). До недавнего времени взлет и посадка ограничивались температурами до -46°C для

ВС A320 с двигателями CFM56 (-40°C с двигателями IAE V2500) и для самолетов семейства Boeing 737NG в -40°C .

Серия задержек, отмен рейсов и ухода на запасные аэродромы самолетов нескольких авиакомпаний в ноябре и декабре 2014 г. по причине экстремально низких температур на Севере Сибирского региона и Якутии до -50°C и ниже заставили авиационные власти и МАК поставить перед производителями ВС A320 и Boeing 737 задачу расширения диапазона допустимых температур, позволивших бы выполнять как минимум транзитные рейсы с кратко временными стоянками. Как результат, в декабре 2014 г. МАК одобрил пакеты модификаций Mod 154702 и Mod 155935, которые в сочетании с дополнениями в руководства по летной и технической эксплуатации (AFM, FCOM, AMM) позволяют ВС семейства A320 с двигателями CFM56 выполнять обратный рейс при температуре в -54°C с ограничением нахождения на земле не более 2 ч. Разработанные Boeing в конце декабря 2014 г. процедуры ТО в условиях экстремально низких температур (Extreme Cold Weather maintenance /servicing procedures) позволяют самолетам семейства Boeing 737NG находиться на земле до 3 ч при температуре до -50°C . В обоих случаях найденные решения позволяют де юре закрыть вопрос по выполнению разворотных рейсов в самых экстремально холодных аэропортах этих регионов. В то же время проблема постоянного базирования для этих типов ВС не решена.

Наиболее актуальной данная проблема является для эксплуатантов самых распространенных среднемагистральных самолетов семейства A320 и Boeing 737NG, география полетов которых наиболее широка и требует возможности безопасного с точки зрения обеспечения летной годности и более длительного нахождения с ночными стоянками в наиболее холодных аэропортах Севера Сибири и Якутии.

Безусловно, предпочтительным вариантом решения вопроса в условиях низких температур является проведение ТО или хранение ВС в теплых ангарах. Однако не все крупные авиакомпании могут позволить инвестиции в постройку ангаров. И если для проведения планового ТО самолет все же можно перегнать к провайдеру ТО (MRO-Maintenance Repair Organization) в более теплый регион, то оперативное устранение неисправностей, обеспечение ночных стоянок и постоянное базирование чисто цифровых ВС в режиме безангарной эксплуатации – вопрос, требующий технических и процедурных решений.

Согласно руководства по ТО (Aircraft Maintenance Manual) оба производителя ВС разделяют нахождение воздушного судна на длительный промежуток времени с присутствием или отсутствием технического персонала (attended or unattended). Attended parking (с присутствием персонала) подразумевает поддержание комфортной температуры при работающей вспомогательная силовая установка (VCU) и запиткой всех основных систем самолета. Процесс подогрева отсека авионики показан на рис. 1. В то же время наиболее критичной является оставление ВС с выключенной VCU и обесточенной бортовой системой.

Наиболее уязвимыми являются гидравлическая, топливная, водяные системы ВС, шасси, системы открытия грузовых дверей и в особенности авионика.

Применение передовых цифровых технологий в системах авионики неожиданно выявило серьезную проблему в случае, если данный тип ВС с цифровым комплексом бортового оборудования и концепцией Fly-By-Wire имеет систему индикации на базе жидкокристаллических индикаторов LCD («стеклянной кабиной»).

Во время проведения испытаний в условиях экстремально низких температур при -54°C и -46°C (Cold Soak Test) самолетов Airbus A310 и A320 в Якутске были получены данные, характеризующие интенсивность охлаждения различных частей конструкции воздушного судна. График (рис. 2) показывает, что при воздействии внешней температуры в -44°C в течение 12 ч 45 мин наиболее подвержен интенсивному охлаждению отсек авионики, где за это время температура достигает минимального значения в -41°C . Температура в пассажирском салоне опускается до -38°C . Наименьшему воздействию низкой температуры подвержена кабина экипажа, где за этот период времени температура опустилась до значения в -36°C . При этом

наиболее “комфортной” температурой, рекомендованной производителями ВС и радиоэлектронного оборудования, является температура в -15°C [6; 7].



Рис. 1. Подогрев отсека авионики ВС A320 от внешнего источника подогревателя УМП350 при температуре окружающего воздуха -46°C

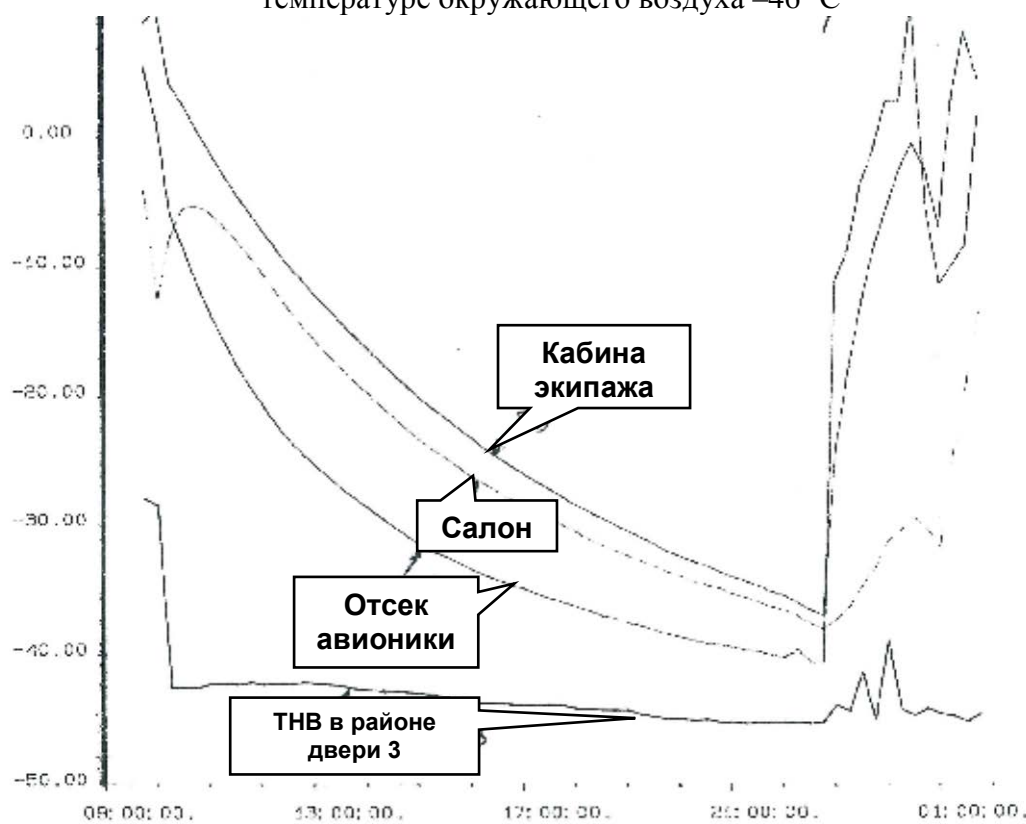


Рис. 2. Скорость охлаждения кабины экипажа, пассажирского салона и отсека авионики ВС A310 при воздействии температуры окружающего воздуха в -44°C

По результатам нескольких температурных испытаний, проведенных производителями оборудования и компании Airbus, были определены три температурных порога функционирования авионики, где безопасное включение с выходом на устойчивый режим функционирования компьютеров и цифровых систем ограничен их температурой не ниже -15°C . Включение в работу в диапазоне от -15°C до -45°C характеризуется как неустойчивый режим, могущий привести к их внезапному отказу. Включение же цифровых систем после достижения температур корпусов компьютеров в -45°C и ниже приводит к практически их немедленному выходу из строя.

Режим восстановления работоспособности авионики и вывода из состояния глубокой заморозки (Cold Soak) всего комплекса оборудования и систем после длительной парковки ВС (unattended parking) осуществляется методом подогрева отсека авионики от наземных подогревателей с температурой на выходе из рукавов не выше $+70^{\circ}\text{C}$ (рис. 3) до температуры в отсеке, кабине экипажа и пассажирском салоне -15°C как безопасной для подключения питания компьютеров от бортовой сети ВС.

Результаты измерений во время испытания ВС A310 (Cold Soak Test) в Якутске при охлаждении отсека авионики до -54°C показывают неравномерность времени прогрева самих системных компьютеров и отсека авионики. Исходя из этого, время готовности систем авионики отстает от интенсивности прогрева самого отсека авионики, что ясно следует из графика (рис. 3).

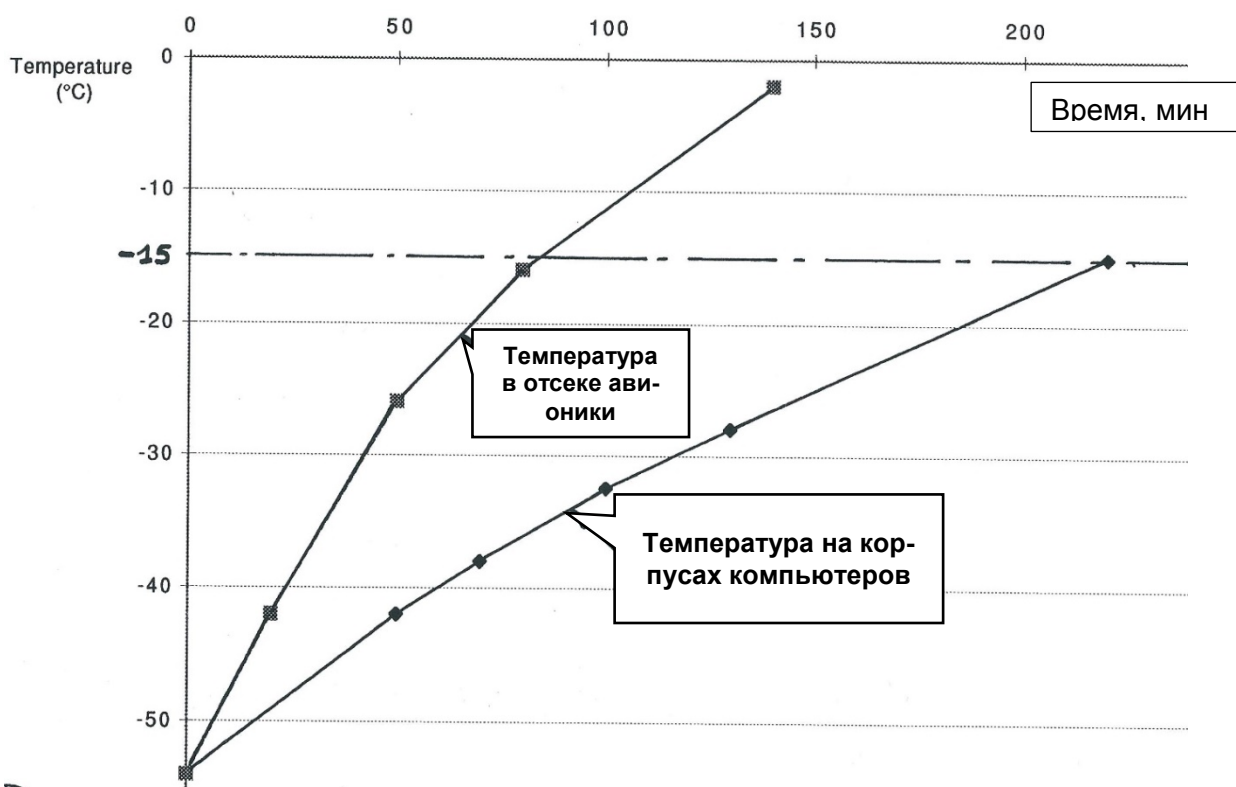


Рис. 3. Время прогрева отсека авионики и установленного там оборудования ВС A310 от внешнего источника МП01 “Север” температурой в $+70^{\circ}\text{C}$ после охлаждения отсека авионики до -54°C

По результатам испытаний выработаны рекомендации по времени, необходимого для качественного подогрева жизненно важных систем самолета и в особенности отсека авионики:

- при ТНВ -40°C – не менее 2,5 ч;
- при ТНВ -48°C – не менее 3 ч;
- при ТНВ -54°C – не менее 3,5 ч.

Результаты испытаний и опыт авиакомпаний эксплуатантов ВС с цифровым оборудованием в условиях низких температур показывают, что особенно серьезной задачей является сохранение и восстановление работоспособности систем индикации и управления системами салонного оборудования CIDS, выполненных на базе жидкокристаллических индикаторов – LCD – Touch Screen [5].

Восстановление работоспособности цифрового оборудования после оставления самолета в режиме *unattended parking* требует мер предосторожности. Жидкокристаллические LCD индикаторы управления системами салона FAP Flight Attendant Panel ВС A320 в условиях эксплуатации и воздействия низких температур имеют очень низкую надежность. После воздействия низких температур ниже $-45\text{--}50^{\circ}\text{C}$ в течение ночной стоянки и после включения бортового питания они или выходят из строя, или начинают воспроизводить неверную хаотичную информацию. Например, при пустой водяной системе индицируется наличие 100% заправленных баков. При температурах в районе -20°C воспроизводят – 50%. И только при нагреве салона выше 0°C достоверную информацию в 0%. Аналогичные проблемы отмечены и с системой индикации и управления салонным оборудованием в варианте Sky Interior ВС Boeing 737NG, во избежание сбоя или выхода из строя которой производитель рекомендует снимать ее с борта при температуре в -27°C [6].

Аналогичные рекомендации разработаны и другим производителем, компанией Airbus, рекомендующей снимать все LCD элементы системы управления салонным оборудованием CIDS, панели управления и индикации, FAP, AAP, CAM с самолета в случае продолжительной стоянки в 12 ч и более, начиная с температуры в -40°C [5; 7].

Это касается и другого салонного оборудования, чувствительного к низким температурам: батареи систем электропитания аварийных выходов, мегафоны, аварийные радио маяки системы КОСПАС САРСАТ и кислородные баллоны.

При этом каждый из установленных на ВС компьютеров или блок управления, на которых построены системы авионики, имеет температурные ограничения, разделенные на три температурных режима работы:

- нормальный режим – Normal Operation с диапазоном от -15°C до -55°C ;
- экстремальный режим – Extreme Operation превышающий на $15\text{--}20^{\circ}$ нормальный режим, но не более -55°C ;
- режим выживаемости – Survival temperature от -40°C (Flight Control Computer, Flight Augmentation Computer, Thrust Control Computer все фирмы Sextant) до -65°C (Standby altimeter).

Например, основные батареи производства компании SAFT рекомендуется снимать уже при температурах в -15°C для хранения в теплых местах. Общее количество компьютеров, цифровых панелей управления и индикаторов, выполненных на базе LCD и другого чувствительного к низким температурам цифрового оборудования может достигать 20 и более единиц в зависимости от типа ВС, ожидаемого времени стоянки (хранения) и температуры окружающего воздуха. Все эти рекомендации, прописанные в руководствах по техническому обслуживанию самолетов производства как Airbus, так и Boeing в главах AMM Chapter 12-00-00 «Cold Weather Operation» и «Extreme Cold Weather maintenance /servicing procedures», создают дополнительные неудобства для эксплуатантов, приводят к существенному увеличению эксплуатационных затрат и по сути не решают проблему безангарной базовой эксплуатации ВС иностранного производства при температурах в -50°C и ниже.

Данное обстоятельство накладывает существенные ограничения на возможности прежде всего безангарного базирования с длительными стоянками в условиях аэропортов регионов Восточной Сибири, Якутии и всего Крайнего Севера.

Дальнейшее расширение регионов использования современных цифровых самолетов российского и западного производства будет напрямую зависеть от степени их приспособленности для базирования и с обеспечением их вне ангарной эксплуатации в условиях экстремально низких температур, где главным критерием должно быть совершенство конструкции агрегатов и систем, со-

храняющих и имеющих способность восстанавливать свою работоспособность после длительного воздействия низких в -40°C и экстремально низких до -55°C температур.

На сегодняшний день вопросы обеспечения постоянного базирования, как это требуют задачи по обеспечению регулярного пассажирского и грузового сообщения с районами Арктики, остаются открытыми и требуют своего технологического или процедурного решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рухлинский В.М., Горбунов В.П. Решение проблем эксплуатации ВС иностранного производства в условиях экстремально низких температур / Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции «Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: актуальные проблемы, исследования, опыт внедрения и перспективы развития» (1-2 ноября 2012 г.). Ульяновск: УлГУ, 2012. С. 40-42.
2. Горбунов В.П. Проблемы эксплуатации современных самолетов в условиях низких и сверхнизких температур Сибири, Крайнего Севера и Арктики // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 204 (6). С. 110-114.
3. *Safety First*, Issue 15, January 2013, Airbus, Toulouse, France, pp. 18-21.
4. *ICEMAN LM Handbook – Cold Weather FAIR working group*, 2012, Airbus, Toulouse, France.
5. Cold Weather Working Group (CWWG) / Материалы заседания рабочей группы по эксплуатации ВС в условиях низких температур –04 November 2011, Airbus, Toulouse.
6. *Boeing 737/600/700/800/900*, AMM 12-33-01/02, Page 301, June 15/2014, Boeing Seattle, USA.
7. *Airbus A319/320/321*, AMM 12-31-23, Page 1, Airbus, Nov. 2014, France.

PROBLEMS AND SPECIFICS OF FOREIGN MADE AIRCRAFT AVIONICS SYSTEMS OPERATION IN THE EXTREMELY LOW TEMPERATURE CONDITION OF SIBERIA, YAKUTIA AND NOTHERN REGIONS

Gorbunov V.P.

The article describes problems and peculiarities of aircraft Cold Weather operation in Siberia's Northern areas, highlighting the difficulties to maintain the aircraft Avionics system functionality, providing the required level of safety and reliability at very low temperatures environment.

Keywords: avionics systems, flight safety, reliability, outdoor temperature.

REFERENCES

1. Rukhlinskiy V.M., Gorbunov V.P. Resheniye problem ekspluatatsii VS inostrannogo proizvodstva v usloviyakh ekstremal'no nizkikh temperature. *Tezisy dokladov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Sistemy upravleniya zhiznennym tsiklom izdeliy aviatsionnoy tekhniki: aktual'nyye problemy, issledovaniya, opyt vnedreniya i perspektivy razvitiya* (1-2 noyabrya 2012 g.). Ul'yanovsk: UIGU. 2012. Pp. 40-42. (In Russian).
2. Gorbunov V.P. Problemy ekspluatatsii sovremennykh samoletov v usloviyakh nizkikh i sverkh nizkikh temperatur Sibiri, Kraynego Severa i Arktiki. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA*. 2014. № 204 (6). Pp. 110-114. (In Russian).
3. *Safety First*, Issue 15, January 2013, Airbus, Toulouse, France, pp. 18-21.
4. *ICEMAN LM Handbook – Cold Weather FAIR working group*, 2012, Airbus, Toulouse, France
5. *Cold Weather Working Group (CWWG)*, materialy zasedaniya rabochey gruppy po ekspluatatsii VS v usloviyakh nizkikh temperatur –04 November 2011, Airbus, Toulouse.
6. *Boeing 737/600/700/800/900*, AMM 12-33-01/02, Page 301, June 15/2014, Boeing Seattle, USA.
7. *Airbus A319/320/321*, AMM 12-31-23, Page 1, Airbus, Nov. 2014, France.

Сведения об авторе

Горбунов Владимир Павлович, 1963 г.р., окончил МИИГА (1990), имеет степень MBA Кингстонского Университета, Великобритания (2002), генеральный директор авиакомпании “Добролет“, автор 5 научных работ, область научных интересов – безопасность полетов, поддержание летной годности.